探析 4K HDR 技术发展、制作和播出流程

夏 青
（湖南广播电视台技术调度中心虚拟制作部，湖南 长沙 410003）

摘　要：随着电视节目播出质量要求的不断提高，4k 技术作为广播电视技术发展的新阶段，逐渐在电视节目制作领域得到了广泛应用，而如何做好 4K HDR 视频制作与播出工作，也随之成为很多电视台所面临的关键问题。基于此，本文对 4K HDR 技术的发展现状进行了简单介绍，同时围绕 4K HDR 视频的制作与播出流程展开了探讨，最后提出了一些 4K HDR 制作、播出需要注意的问题，希望能够对 4K HDR 技术的推广应用有所促进。

关键词：4K HDR 技术；制作流程；播出流程　**中图分类号：**TN948　**文献标识码：**A
文章编号：1671-0134（2021）06-155-03　**DOI：**10.19483/j.cnki.11-4653/n.2021.06.049
本文著录格式：夏 青 . 探析 4K HDR 技术发展、制作和播出流程 [J]. 中国传媒科技，2021（06）：155-157.

导语

在 4K 技术的支持下，视频水平分辨率与垂直分辨率虽然能够得到显著提升，但由于二维活动图像质量的影响因素比较多，因此视频整体质量的提升并不十分明显，而通过对 4K HDR 技术的应用，则能够在提高视频分辨率的基础上，改变视频的色域、亮度与伽马，使视频图像质量得到全面提升，这对于高质量电视节目制作、播出的帮助是非常大的。

1. 4K HDR 技术发展现状

4K HDR 技术简单来说就是 4K 与 HDR 的结合，其中 4K 技术是指视频画面分辨率提升至 3840×2160，能够使视频画面变得更加清晰。而 HDR（High-Dynamic Range）则是指高动态光照渲染图像，能够提供远多于普通图像的动态范围与图像细节，并根据曝光时间将对应最佳细节的 LDR（Low-Dynamic Range）图像合成起来，得到视觉效果更为突出的 HDR 图像。从整体上来看，由于 4K 技术支持下的超高清技术视频画面清晰度更高，HDR 图像则可以将黑暗处内容、高亮处内容等画面细节真实呈现出来，因此二者在对视频画面质量的提升上，具有很强的互补性，在将 HDR 技术与 4K 超高清融合后，可以为观众带来更为良好的视频观看体验，目前在电视节目制作、电影制作乃至安防等领域得到了广泛应用。例如在近几年各地方电视台所举办的直播晚会中，就多次使用了 4K HDR 技术，使晚会直播画面的整体质量得到了极大提升。[1] 但需要注意的是，4K HDR 技术的应用虽然日趋广泛，但由于 HDR 本身仅是一种技术化产物，如 HDR10、Dolby Vision（杜比视界）、HLG 等 HDR 标准目前尚未得到完全统一，因此在对 4K HDR 技术的应用工程中，也同样存在着不同 HDR 标准难以兼容等问题，并对 4K HDR 技术的进一步发展造成了阻碍。

2. 4K HDR 视频的制作流程

在 4K HDR 视频的制作过程中，需要先将基本技术标准明确下来，为视频制作提供明确参照，通常情况下，4K HDR 节目制作的基本技术标准包括分辨率、高动态范围、文件封装方式等多项要求，具体标准要求如表 1。而在拍摄阶段，则需要完成摄像机相关菜单设置，按照基本技术标准调整拍摄格式、帧率，如确定需要后期调色，应注意选择 LOG 标准模式拍摄，其中索尼摄像机 PMW-F55、 PXW-FS7 等选择 S-LOG3，在后期缺少 HDR 调色能力的情况下，还要直接选择 HLG（伽马曲线）和 BT2020 （色彩空间）等选项。[2]

在拍摄完成后，还需要对拍摄得到的素材进行调色，使用专门的调色软件系统将其制作为 HDR 图像，这里以达芬奇调色系统为例进行具体分析。由于达芬奇调色系统具有强大的 RGB 光学质量实时处理功能，对视频的每一节点，都能够直接进行 RGBY 处理与一级、二级调色，对色度、亮度、饱和度等参数进行调节，因此在调色过程中，通常需要先将拍摄素材文件导入到达芬奇系统之中，并根据素材文件的不同格式来分别建立工程，之后对输入色彩空间 / 伽玛曲线、输出色彩空间 / 伽玛曲线、主显示器最高亮度值等色彩空间选项进行设置，确定输出图像的量化范围。完成色彩空间设置后还要进入到调色界面（如图 1），将素材文件放置在时间线上分别进行一级调色与二级调色，以便于对图像的正常彩色、亮度进行还原（具体调色效果如图 2——图 4）。其中一级调色主要是对图像的黑白电平、曝光、对比度以及白平衡进行调整，使图像素材能够更加精确、真实，以实现与视频制作者创作意图的有效契合，能够使视频图像在视觉上的流畅性、一致性得到提升。而二级调色则需要对视频画面的整体氛围、色调进行调整，通常以个性化调色与局部调色为主。为保证调色工作的顺利完成，还需要使用达芬奇内置示波器波形显示界面，对调整画面进行监控，并对画面最高亮度进行控制。调色完成后，即可使用 final cut pro 来制作 HDR 视频，新建资源库并将资源库属性更改为广色域 HDR，最后完成 HDR 视频的输出。

另外，HDR 作为以获得更大曝光动态范围为目的的一组技术，其标准通常可分为 Dolby Vision、HDR10、HLG、SL-HDR1 几种，不同标准下的 HDR 制作流程同

样是有所不同的。如 Dolby Vision（杜比视界）的 HDR 制作就需要先进行色彩调色，将 HDR 1000 尼特图像版本创建出来，同时导入素材成片、XML，并提升高层、调节环境光、改变色彩体系，如色域、最低亮度、伽玛等也都需要明确下来，之后方可按步骤完成镜头分析，基于得到的各帧信息来创建杜比元数据。一般来说，由于杜比视界格式下的图像比较特殊，每一个镜头都会携带与之相对应的元数据，只要设备能够支持杜比视界格式，那么就可以实现对图像内容的准确呈现，因此只要在 HDR 制作过程中，还需将创建好的元数据嵌入到相关视频信号（SDI）中，完成向内容应设单元的传输，之后再利用调色软件生成的元数据来对 HDR 信号进行映射，使其能够成为特定 SDR 目标，输出到 SDR 参考监视器上，并于最后利用 HDMI Tunneling，将调色系统的 HDR 调色结果直接输出到电视机上，使摄像机拍摄下来的高动态范围、广色域画面能够在消费者观看终端上得到完美呈现，这样不仅可以将视频中丰富的色彩像素保留下来，同时也能够使视频画面的整体质量得到提升。



图 1 达芬奇调色系统调色界面



图 2 原始素材



图 3 一级调色



图 4 二级调色

表 1 4K HDR 节目制作基本技术标准

分辨率	3840×2160（宽高比 16：9）
帧频率	50Hz
文件封装方式	MXF OP-1a
量化	10bit
视频编码格式	XAVC-IIntra Class 300
音频声道	支持 16 声道 BCM 音频
音频编码	PCM 24bit
色域范围	BT.2020
音频取样频率	48kHz

3. 4K HDR 视频的播出流程

对电视台来说，在 4K HDR 制作完成后，对 4K HDR 视频节目的播出同样具有较高要求，而为了保证节目的顺利播出，对 4K HDR 视频或直播节目播出流程的调整也同样是十分必要的。[4] 一方面，由于 4K 超高清画面的切换节奏与高清、标清画面存在较大差异，因此播出时应采用相同的光圈下景深更大的Sony HDC-4300等设备，以便于摄像能够实现快速聚焦。另一方面，为了实现 4K HDR 的制作，给 HDR 创造良好基础条件，还需要采用 HLG_BT.2100 曲线与 BT2020 色域，同时还可以采用 4K HDR 字幕机，以保证字幕效果。[5]

4. 4K HDR 制作、播出需要注意的问题

4.1 光影塑造问题

由于 4K HDR 能够将高亮处、黑暗处等细节画面真实展现出来，很可能会暴露高清画面中原本无法发现的光影细节，有时还可能会因暴露出的光影细节而影响画面整体质量，因此在进行 4K HDR 制作时，还需全面考虑到光影塑造问题，并对画面中人物、道具、物品的光影塑造提出严格要求，以免因光影方面的细节疏忽而影响视频内容的整体质量。[6]

4.2 色彩溢出问题

在进行 HDR 视频制作时，如画面的色光饱和度较高，传统 709 色域下画面很容易超出最高显示范围，并使画面质量明显下降，对于这种情况，通常应在调色阶段将高光下调，并将暗部向上提，以提升画面质量，但由于 4K HD 版本画面的高光、暗部均可以在 rec2020 的基础继续上调或下调，其调整空间更大，因此如果仍按照传统高清 HD 方式制作来直接提升整体饱和度，往往会导致画面部分色彩溢出（如图 5）等问题。针对这一问题，在制作 4K HD 版本时，应该在一级调色阶段提升动态范围

色彩宽容度（色域），以改善一些超色画面（如图 6），同时对画面的亮度信号与色度信号进行同步调整，根据实际情况小幅度提高画面的整体饱和度，以保证画面中主体部分的饱和度能够符合要求，避免出现画面中色彩大部分溢出的情况。虽然通过对这一调色方法的运用，画面仍然会出现少部分的色彩溢出情况，但由于溢出面积相对较小，因此只需在二级调色阶段对色彩溢出部分进行单独调整，即可有效解决色彩溢出问题。[7] 此外，与传统高清 HD 方式制作，相较于其他颜色，HDR 视频画面中红、粉、蓝等色系出现色彩溢出的几率会更高，因此调色时还需要通过多级调整来对画面中的这几种色系部分进行单独控制。[8]



图 5　传统 SDR、709 色域下色彩溢出画面



图 6　动态范围色彩宽容度提升后的画面

4.3　噪点控制问题

在拍摄阶段，由于拍摄对象很容易出现光线不足、光照条件较差的情况，因此为了适应光照条件较差情况下的拍摄需求，摄影师通常都会通过光圈与快门来提升亮度，这不仅会在很大程度上降低画面景深，同时还会出现画面景深过低、焦点难以控制的情况，最终因欠曝而使画面出现噪点。对于这一问题，不仅要在后期对色度、亮度信号进行调整，还要尽量对中部至亮部的曝光区进行图像拍摄、记录，同时减少不必要的高光细节损失，使摄影机传感器性能充分发挥，获得最佳信噪比的图像。

结语

总而言之，在 HDR 与 4K 技术不断发展的整体趋势下，未来对于 4K HDR 视频的制作与播出必然会成为影视行业主流，而要想将 4K 技术与 HDR 技术结合起来，实现对 4K HDR 技术的有效应用，则需要熟悉 4K HDR 视频制作、播出的各项流程，同时对噪点控制、色彩溢出等问题加以注意。媒

参考文献

[1] 杨鸣 .HDR 技术在 4K 超高清电视的应用探讨 [J]. 科学与信息化，2020（26）：31.
[2] 孙红 .4K HDR 制作技术探讨 [J]. 广播与电视技术，2020（7）：157-160.
[3] 李霆 . 浅析 4K HDR 技术的实现方法——以广东卫视 2019 春晚为例 [J]. 技术与市场，2020（1）：84-86.
[4] 王轶，彭晶晶，吕辉 .4K 超高清 HDR 技术在电视制作中的应用 [J]. 广播电视信息，2018（5）：24-27.
[5] 孙琳 .4K/HDR 等高新技术在电影、电视中的发展 [J]. 影视制作，2017，（1）：30-31.
[6] 惠慧，朱颖瑛，朱林林等 .HDR 技术及标准发展情况 [J]. 电视技术，2016（3）：75-78.
[7] 贾裕之 . 论 4K HDR 超高清测试图像的设计制作及技术特性 [J]. 现代电视技术，2019（5）：74-80.
[8] 宋煜，周挺，王炜等 .《我在贵州等你》超高清 4K HDR 节目制作技术方案 [J]. 影视制作，2020（7）：72-77.

作者简介：夏青（1987-），女，湖南长沙，工程师，中级职称，研究方向：电视工程技术。

（责任编辑：张晓婧）